

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 805 051

②1 N° d'enregistrement national :

00 01792

⑤1 Int Cl⁷ : G 01 V 1/28, G 01 V 1/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 14.02.00.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.08.01 Bulletin 01/33.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : CIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE
— FR, INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE — FR et
GAZ DE FRANCE GDF SERVICE NATIONAL — FR.

⑦2 Inventeur(s) : MEUNIER JULIEN.

⑦3 Titulaire(s) :

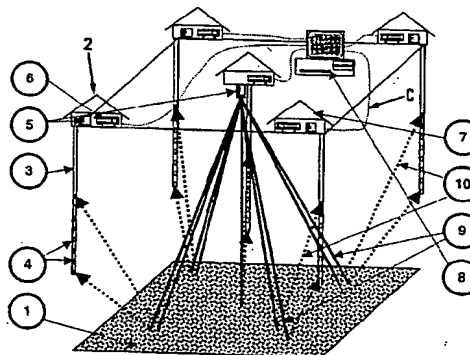
⑦4 Mandataire(s) : INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE.

⑤4 METHODE DE SURVEILLANCE SISMIQUE D'UNE ZONE SOUTERRAINE PAR UTILISATION SIMULTANEE DE
PLUSIEURS SOURCES VIBROSISMQUES.

⑤7 - Méthode et un système de surveillance sismique
d'une zone souterraine (1), comportant l'utilisation simulta-
née de plusieurs vibreurs sismiques.

- Le système comporte par exemple plusieurs unités lo-
cales (LU) comprenant chacune un vibreur (5), une anten-
ne (2) de capteurs sismiques, une unité locale d'acquisition
et de traitement (6), et une unité centrale (8) de commande
et de synchronisation pour piloter simultanément les diffé-
rents vibreurs par des signaux orthogonaux, les unités lo-
cales (6) étant adaptées par des traitements particuliers, à
isoler et reconstituer les sismogrammes correspondant aux
contributions des différents vibreurs.

- Applications à la surveillance d'un gisement d'hydro-
carbures en cours de production ou d'un réservoir utilisé
pour le stockage de gaz, par exemple.



FR 2 805 051 - A1



5

La présente invention concerne une méthode et un dispositif de surveillance sismique d'une zone souterraine telle qu'un gisement ou réservoir, comportant l'utilisation simultanée de plusieurs vibrateurs sismiques.

10

Etat de la technique

Il est connu de surveiller les variations d'état à long terme d'un réservoir en cours de production qu'il s'agisse d'un gisement d'hydrocarbures ou d'un réservoir destiné au stockage de gaz, au moyen d'un système sismique comportant une source sismique impulsionnelle ou un vibrateur sismique pour émettre des ondes sismiques dans le sol et un dispositif de réception comportant des capteurs sismiques disposés en surface ou dans des puits et couplés avec les formations à surveiller. A intervalles de temps définis, on réalise des investigations sismiques avec émission d'ondes, réception des ondes renvoyées par les discontinuités du sous-sol et enregistrement de sismogrammes, de façon à déterminer par comparaison des modifications intervenues dans le réservoir, résultant de son exploitation.

15

20

Différents systèmes de surveillance sismique à long terme sont décrits par exemple dans les brevets EP 591 037 (US 5 461 594), FR 2 593 292 (US 4 775 009), FR 2 728 973 (US 5 724 311) ou FR 2 775 349.

5 Par les brevets FR 2 728 973 et FR 2 775 349 notamment, on connaît des systèmes de surveillance sismique d'une zone souterraine en cours d'exploitation, qu'il s'agisse d'un réservoir d'hydrocarbures ou d'un réservoir de stockage de gaz par exemple. Comme schématisés aux Fig.1 à 3, ils comportent par exemple un réseau d'antennes sismiques 2
10 constituées chacune d'un ensemble de capteurs sismiques 4 disposés à intervalles réguliers le long d'un puits 3 foré dans le sol. Ce réseau peut être régulier comme schématisé sur la Fig.2, ou irrégulier. Les capteurs peuvent être des géophones mono-directionnels orientés verticalement ou multi-axes (triphones) et/ou des hydrophones. A proximité de chaque
15 antenne 2, est disposé une source sismique 5. Comme sources, on utilise avantageusement des vibrateurs de type piézoélectrique, tels que décrit dans la demande de brevet FR 99/04 001 au noms conjoints des demandeurs, qui sont installés à demeure au voisinage immédiat de chaque antenne 2.

20 Les ondes sismiques générées par la ou chaque source sismique 5 se propagent vers le bas (ondes descendantes 9). Ces ondes incidentes sont tout d'abord enregistrées par les récepteurs 4 de chaque puits 3. Les ondes renvoyées par les discontinuités de la zone (interfaces sismiques) se propagent vers le haut. Ces ondes montantes 10 sont enregistrées aussi
25 par les différents récepteurs 4. De la sorte, les ondes montantes et descendantes sont superposées sur les sismogrammes. On les traite

habituellement par une méthode identique à celle du traitement des PSV (Profils Sismiques Verticaux) bien connue des gens de l'art.

Les différentes sources du système sismique peuvent être actionnées successivement, en ménageant entre les déclenchements un intervalle de temps suffisant pour recevoir les ondes renvoyées par la zone investiguée. On peut aussi utiliser plusieurs sources sismiques émettant les mêmes signaux que l'on déclenche simultanément pour augmenter la puissance émise.

Par le brevet FR 2 589 587 (US 4 780 856), on connaît également une méthode de prospection sismique marine comportant l'émission d'ondes sismiques par un vibreur ou simultanément par plusieurs vibreurs piloté(s) par des signaux vibratoire codés en accord avec un code pseudo-aléatoire.

La méthode selon l'invention

La méthode selon l'invention permet de réaliser des opérations de surveillance sismique d'une formation souterraine. Elle comporte :

- l'émission d'ondes sismiques dans la formation en couplant avec la formation au moins deux vibreurs émettant simultanément et pilotés par des signaux orthogonaux les uns relativement aux autres, de manière à former un signal vibratoire composite,
- la réception des signaux renvoyés par la formation en réponse à l'émission des ondes sismiques,
- l'enregistrement des signaux reçus par au moins un capteur sismique, et

- la formation de sismogrammes par un traitement des signaux enregistrés comprenant une discrimination des contributions respectives des vibreurs au signal vibratoire composite et une reconstruction de sismogrammes équivalents à ceux que l'on obtiendrait en actionnant séparément les vibreurs.

Comme signaux orthogonaux, on utilise par exemple des signaux sinusoïdaux de fréquences différentes les uns des autres aussi bien par leurs composantes fondamentales que par leurs harmoniques respectives, ou des signaux formés à base d'ondelettes, de polynômes de Legendre ou de séries aléatoires, etc.

Dans le cas notamment où les signaux orthogonaux émis sont des sinusoïdes, on réalise par exemple la discrimination des contributions respectives des vibreurs, par détermination de l'amplitude et de la phase du signal vibratoire composite aux fréquences fondamentales des signaux de pilotage appliqués aux vibreurs.

La discrimination des contributions respectives des vibreurs comporte par exemple une pondération des signaux enregistrés par un facteur de pondération (ou d'apodisation) en cloche et une détermination de l'amplitude et de la phase du signal composite.

Pour réaliser la discrimination des contributions respectives des vibreurs on effectue par exemple une sélection par transformée de Fourier, de raies du spectre complexe associées respectivement aux différents signaux pondérés.

La reconstruction des sismogrammes correspondant spécifiquement aux différents vibreurs est effectuée par exemple en

appliquant, après leur séparation, une transformée de Fourier inverse, aux raies associées respectivement aux différents signaux pondérés.

Suivant un mode d'implémentation, on décale par pas de fréquence, à intervalles de temps déterminés, les fréquences des signaux de pilotage orthogonaux appliqués respectivement aux différents
5 vibrateurs, de façon à balayer une certaine bande de fréquence d'émission.

Le système de surveillance sismique d'une formation souterraine selon l'invention comporte des moyens d'émission de vibrations
10 sismiques dans la formation comprenant au moins deux vibrateurs et des moyens pour générer des signaux orthogonaux les uns relativement aux autres et les appliquer respectivement aux vibrateurs de manière à générer dans la formation un signal vibratoire composite, des moyens de
réception des signaux renvoyés par la formation en réponse à l'émission
15 des ondes sismiques, des moyens d'enregistrement des signaux reçus par les moyens de réception des signaux et des moyens de traitement de signaux enregistrés pour former des sismogrammes comprenant au moins un calculateur adapté à effectuer une discrimination des contributions respectives des vibrateurs au signal vibratoire composite et
20 une reconstruction de sismogrammes équivalents à ceux que l'on obtiendrait en actionnant séparément les vibrateurs.

Suivant un premier mode d'implémentation, le système comporte au moins deux unités locales disposées à distance les uns des autres et couplées avec la formation, chaque unité comportant au moins un
25 capteur sismique, un vibreur sismique, un dispositif local d'acquisition et de traitement des signaux reçus, et une unité centrale de commande et

de synchronisation connectée aux différentes unités, comprenant un générateur adapté à appliquer aux vibrateurs les signaux vibratoires de pilotage orthogonaux.

5 Suivant un autre mode d'implémentation, le système comporte au moins deux unités locales disposées à distance les uns des autres et couplées avec la formation, chaque unité comportant au moins un capteur sismique, un vibrateur sismique, et une unité centrale de commande et de synchronisation connectée aux différentes unités locales par liaison matérielle (des câbles par exemple) ou immatérielle (par
10 radio) et comprenant un générateur de signaux adapté à former les différents signaux vibratoires de pilotage orthogonaux, et des moyens d'acquisition des signaux reçus par les différentes antennes et de reconstruction des sismogrammes correspondant aux contributions des différents vibrateurs.

15 Les moyens de réception comportent par exemple au moins une antenne constituée de plusieurs capteurs sismiques disposés le long d'un puits ménagé dans la formation, cette antenne étant connectée aux moyens d'enregistrement.

Présentation des figures

20 D'autres caractéristiques et avantages de la méthode et du système selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisation, en se référant aux dessins annexés où :

De même le sismogramme observé au même point R à partir de S_2 émettant seule est : $T_2 = A_2 \sin(2\pi f_2 t - \Phi_2)$ où Φ_2 est pareillement un retard de phase.

Si S_1 et S_2 émettent simultanément, la linéarité de la transmission des ondes sismiques fait que le sismogramme des ondes reçues en R est la somme de T_1 et T_2 .

Si de plus $f_1 \neq f_2$,

$$P_2 \star P_1 = 0 \quad (A),$$

$$T \star P_1 = T_1 \star P_1 \quad (B), \text{ et}$$

$$10 \quad T \star P_2 = T_2 \star P_2 \quad (C)$$

L'équation (A) exprime l'orthogonalité des signaux P_1 et P_2 ; les équations (B) et (C) traduisent la possibilité de séparer le signal composite T en ses deux composantes. Cette propriété s'étend en théorie à un nombre quelconque de sources émettant des sinusoïdes de fréquences différentes ou plus précisément des signaux orthogonaux entre eux mais dans la pratique, le nombre de sources doit être limité à cause des phénomènes suivants :

a) la distorsion qui ne peut en effet être négligée avec des sources mécaniques. En même temps que la fréquence f_1 , la source S_1 émet les fréquences $2f_1, 3f_1 \dots nf_1$. En conséquence, si f_i et f_j sont les fréquences respectives des deux sources S_i et S_j de l'ensemble de sources, il convient non seulement que $f_i \neq f_j$ mais aussi que $f_i \neq 2f_j, f_i \neq 3f_j, \dots f_i \neq nf_j$;

b) le caractère nécessairement tronqué de la durée d'émission (t_s) qui se traduit dans le domaine des fréquences en réalisant une

des gens de l'art et par utilisation de techniques de calcul numérique connues tels que la transformée de Fourier inverse pour séparer les contributions aux sismogrammes obtenus des différents vibreurs, comme on va l'expliquer ci-après en utilisant les notations suivantes :

5	• Convolution	*	
	• Corrélation	★	
	• Durée d'émission	t_s	(secondes)
	• Temps d'écoute	t_e	(secondes)
	• Pas d'échantillonnage	t_i	(secondes)
10	• Fréquence initiale	f_b	(Hertz)
	• Fréquence finale	f_f	(Hertz)
	• Fréquence élémentaire	$f_i = 1/t_e$	(Hertz)
	• Largeur de raie	f_d	(Hertz)

A- Fonctions orthogonales

15 On considère deux signaux unitaires P_1 et P_2 sinusoïdaux de fréquences respectives f_1 et f_2 émis par deux sources S_1 et S_2 situées aux points X_1 et X_2 (Fig.6) pendant une durée t_s grande devant $1/f_1$ et $1/f_2$.

$$P_1 = \sin 2\pi f_1 t$$

$$P_2 = \sin 2\pi f_2 t$$

20 Le sismogramme enregistré des signaux reçus en un point R de réception à partir de la source S_1 émettant seule est : $T_1 = A_1 \sin(2\pi f_1 t - \Phi_1)$, où Φ_1 est un retard de phase.

De même le sismogramme observé au même point R à partir de S_2 émettant seule est : $T_2 = A_2 \sin(2\pi f_2 t - \Phi_2)$ où Φ_2 est pareillement un retard de phase.

Si S_1 et S_2 émettent simultanément, la linéarité de la transmission des ondes sismiques fait que le sismogramme des ondes reçues en R est la somme de T_1 et T_2 .

Si de plus $f_1 \neq f_2$,

$$P_2 \star P_1 = 0 \quad (A),$$

$$T \star P_1 = T_1 \star P_1 \quad (B), \text{ et}$$

$$10 \quad T \star P_2 = T_2 \star P_2 \quad (C)$$

L'équation (A) exprime l'orthogonalité des signaux P_1 et P_2 ; les équations (B) et (C) traduisent la possibilité de séparer le signal composite T en ses deux composantes. Cette propriété s'étend en théorie à un nombre quelconque de sources émettant des sinusoides de fréquences différentes ou plus précisément des signaux orthogonaux entre eux mais dans la pratique, le nombre de sources doit être limité à cause des phénomènes suivants :

a) la distorsion qui ne peut en effet être négligée avec des sources mécaniques. En même temps que la fréquence f_1 , la source S_1 émet les fréquences $2f_1, 3f_1 \dots nf_1$. En conséquence, si f_i et f_j sont les fréquences respectives des deux sources S_i et S_j de l'ensemble de sources, il convient non seulement que $f_i \neq f_j$ mais aussi que $f_i \neq 2f_j, f_i \neq 3f_j, \dots f_i \neq nf_j$;

b) le caractère nécessairement tronqué de la durée d'émission (t_s) qui se traduit dans le domaine des fréquences en réalisant une

convolution de la raie (impulsion) par la transformée de Fourier de la troncature. Si celle-ci est brutale (multiplication par un créneau de longueur t_s), c'est un sinus cardinal de grande largeur. Si au contraire elle est progressive (multiplication par une courbe en cloche, gaussienne ou
5 fonction de Hanning par exemple), c'est une autre fonction en cloche de largeur inversement proportionnelle à la longueur de la troncature ; et

c) l'imperfection des sources qui affecte leur stabilité et la précision des fréquences émises. En pratique, on peut considérer que cette imperfection contribue simplement à l'augmentation de la largeur
10 de raie.

Les fonctions orthogonales les plus simples sont des sinusoides de fréquences différentes. D'autres fonctions orthogonales peuvent aussi être utilisées : fonctions basées sur les polynomes de Legendre, ondelettes, séries aléatoires, etc.

15 B.- Réversibilité de la transformée de Fourier.

Si au lieu d'émettre une sinusoïde T_i de fréquence f_i , de module A_i et de phase Φ_i , on émet le signal composite P_i constituée de la somme de N sinusoïdes $\{f_i, A_i, \Phi_i\}$ avec $1 \leq i \leq N$, toutes les fréquences étant
20 contenues dans une bande spectrale comprise entre deux fréquences limites f_b et f_f , le sismogramme T_i observé au point R aura pour transformée de Fourier à la fréquence f_i , le nombre de module A_i et de phase Φ_i égaux à l'amplitude et à la phase de la sinusoïde T_i . On peut ainsi, en émettant successivement toutes les sinusoïdes de fréquences f_b à f_f , reconstruire par transformée de Fourier inverse le sismogramme T_i .

Dans le cas où, par exemple, toutes les amplitudes A_i sont égales à 1 et toutes les phases $\Phi_i = 0$, le signal P_i obtenu est très proche de celui résultant de l'auto-corrélation d'un signal à fréquence glissante variant dans l'intervalle $[f_b - f_f]$ (sweep), utilisé couramment en vibrosismique.

5 D'après la théorie de la transformée de Fourier discrète, bien connue des gens de l'art, si l'on désire écouter la source S_i pendant le temps t_e , l'incrément de fréquence entre les sinusoïdes est $\Delta f = 1/t_e$ et le nombre de sinusoïdes nécessaires est $N_f = (f_f - f_b)t_e$.

On peut donc exciter simultanément N vibrateurs installés sur le terrain au moyen de signaux vibratoires de fréquences telles que chaque source est excitée successivement par chacune des N_f sinusoïdes ci-dessus à chaque instant, sous réserve que les fréquences respectives des sinusoïdes émises à un même instant par les différents vibrateurs sont toutes différentes les unes des autres. La séparation des signaux reçus par les capteurs sur le terrain, en réponse à l'émission simultanée des
15 différents signaux est ainsi obtenue par sélection de la raie à la fréquence appropriée.

La Fig. 5 illustre schématiquement les différentes étapes de la méthode. On applique simultanément aux différentes sources sismiques 5 installées sur le terrain des signaux pilotes sinusoïdaux 11 de fréquences respectives af_0, bf_0, cf_0, df_0 etc., les coefficients a, b, c, d , etc. étant
20 choisis pour que ces fréquences soient différentes les unes des autres et différentes de leurs harmoniques respectives. Ces fréquences sont des multiples entiers d'une fréquence fondamentale f_0 .

25 Le sismogramme 12 que l'on obtient en enregistrant les ondes reçues par les capteurs des différentes antennes 4, est une combinaison

linéaire des sismogrammes qui auraient été obtenus en excitant les sources 5 séquentiellement.

On pondère alors les signaux enregistrés en les multipliant par un facteur de pondération en cloche dit d'apodisation (tapering) 13 pour former des signaux apodisés ou pondérés 14. Puis, on calcule la partie réelle 15 et la partie imaginaire 16 de la transformée de Fourier des signaux apodisés. Chacune de ces parties est composée d'impulsions bien séparées les unes des autres. Pour chaque source 5, on ne conserve alors que le nombre réel 17 et le nombre imaginaire 18 formant la valeur complexe de la transformée de Fourier à la fréquence émise par la source.

Les ensembles de différents nombres 17 et 18 quand la source émet toutes les fréquences programmées, forment la partie réelle 19 et la partie imaginaire 20 du sismogramme 21 associé à la source. On obtient ce sismogramme par transformée de Fourier inverse.

Suivant un premier exemple d'implémentation de la méthode, le système comporte une pluralité d'unités locales LU comprenant chacune une antenne 2 reliée par des câbles (non représentés) et un dispositif local d'acquisition et de traitement 6 (Fig.1, 2), et les différents vibrateurs sont reliés par des câbles C par exemple, à une unité centrale 8 de commande et de synchronisation comprenant un générateur de signaux (non représenté) adapté à générer, pour les différents vibrateurs 5, les signaux orthogonaux de pilotage tels qu'ils ont été définis plus haut.

Suivant un autre mode d'implémentation (Fig.4), les différentes antennes de réception 2 sont reliées par des câbles C par exemple, avec l'unité centrale de commande et de synchronisation 8 qui assure les

tâches de génération des signaux composites pour les différentes sources 5 et l'acquisition et l'enregistrement des signaux reçus par les capteurs 4 et le traitement des signaux acquis.

Les câbles C peuvent bien entendu être remplacés d'une façon
5 générale par toute liaison matérielle ou immatérielle (liaison hertzienne, fibre optique etc.).

Les dispositifs locaux d'acquisition et de traitement 6 et/ou l'unité
centrale de commande et de synchronisation 8 comportent des
calculateurs tels que des PC programmés pour effectuer les traitements
10 visant à isoler et reconstituer les sismogrammes correspondant aux
contributions propres des différents vibrateurs 5 tels qu'ils ont été définis
dans la description.

REVENDICATIONS

1) Méthode de surveillance sismique d'une formation souterraine

(1) comportant l'émission d'ondes sismiques dans la formation, la
5 réception des signaux renvoyées par la formation en réponse à l'émission
des ondes sismiques, l'enregistrement des signaux reçus par au moins un
capteur sismique (4) et la formation de sismogrammes par traitement des
signaux enregistrés, caractérisée en ce que

- 10 - l'émission est réalisée en couplant avec la formation au moins deux
vibrateurs (5) émettant simultanément et pilotés par des signaux
orthogonaux les uns relativement aux autres, de manière à former un
signal vibratoire composite ; et
- le traitement comporte une discrimination des contributions
respectives des vibrateurs au signal vibratoire composite et une
15 reconstruction de sismogrammes équivalents à ceux que l'on
obtiendrait en actionnant séparément les vibrateurs.

2) Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'on
émet des signaux orthogonaux constitués de sinusoïdes de fréquences
différentes les unes des autres aussi bien par leurs composantes
20 fondamentales que par leurs harmoniques respectives.

3) Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'on
émet des signaux orthogonaux formés à base d'ondelettes, de polynomes
de Legendre ou de séries aléatoires.

4) Méthode selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'on réalise la discrimination des contributions respectives des vibreurs par détermination de l'amplitude et de la phase du signal vibratoire composite aux fréquences fondamentales des signaux de pilotage appliqués aux vibreurs.

5) Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la discrimination des contributions respectives des vibreurs (5) comporte une pondération des signaux enregistrés par un facteur (13) de pondération en cloche et une détermination de l'amplitude et de la phase du signal composite.

6) Méthode selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la discrimination des contributions respectives des vibreurs comporte une sélection par transformée de Fourier, de raies (15-18) du spectre complexe associées respectivement aux différents signaux pondérés.

7) Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'on réalise la reconstruction des sismogrammes correspondant spécifiquement aux différents vibreurs en appliquant, après leur séparation, une transformée de Fourier inverse, aux raies (19, 20) associées respectivement aux différents signaux pondérés.

8) Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'on décale par pas de fréquence, à intervalles de temps déterminés, les fréquences des signaux de pilotage orthogonaux appliqués respectivement aux différents vibreurs de façon à balayer une certaine bande de fréquence d'émission $[f_b - f_f]$.

9) Système de surveillance sismique d'une formation souterraine comportant des moyens d'émission de vibrations sismiques dans la formation, des moyens de réception des signaux renvoyés par la formation en réponse à l'émission des ondes sismiques, des moyens
5 d'enregistrement des signaux reçus par les moyens de réception des signaux et des moyens de traitement de signaux enregistrés pour former des sismogrammes, caractérisé en ce que :

- les moyens d'émission comporte au moins deux vibrateurs (5) et des
10 moyens (8) pour générer des signaux orthogonaux les uns relativement aux autres et les appliquer respectivement aux vibrateurs (5) de manière à générer dans la formation un signal vibratoire composite ; et
- les moyens de traitement comportent au moins un calculateur (6)
15 adapté à effectuer une discrimination des contributions respectives des vibrateurs au signal vibratoire composite et une reconstruction de sismogrammes équivalents à ceux que l'on obtiendrait en actionnant séparément les vibrateurs.

10) Système selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité d'unités locales (LU) disposées à distance les uns
20 des autres et couplées avec la formation, chaque unité comportant au moins un capteur sismique (4), un vibrateur sismique (5), un dispositif local (6) d'acquisition et de traitement des signaux reçus, et une unité centrale de commande et de synchronisation (8) connectée aux différentes unités locales, comprenant un générateur de signaux adapté à
25 appliquer aux vibrateurs (5), les signaux vibratoire de pilotage orthogonaux.

11) Système selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'unité centrale de commande et de synchronisation (8) est connectée aux différentes unités locales par des moyens de liaison matérielle ou immatérielle.

5 12) Système selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité d'unités locales (LU) disposées à distance les uns des autres et couplées avec la formation, chaque unité comportant au moins un capteur sismique, un vibreur sismique (5), et une unité
10 centrale de commande et de synchronisation (8) connectée aux différentes unités locales (LU) comprenant un générateur de signaux adapté à former les différents signaux vibratoires de pilotage orthogonaux, et des moyens d'acquisition des signaux reçus par les différentes antennes (2) et de reconstruction des sismogrammes correspondant aux contributions des différents vibreurs (5).

15 13) Système selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que les moyens de réception comportent au moins une antenne (2) constituée de plusieurs capteurs sismiques (4) disposés le long d'un puits (3) ménagé dans la formation, cette antenne étant connectée à des moyens d'enregistrement.

FIG.1

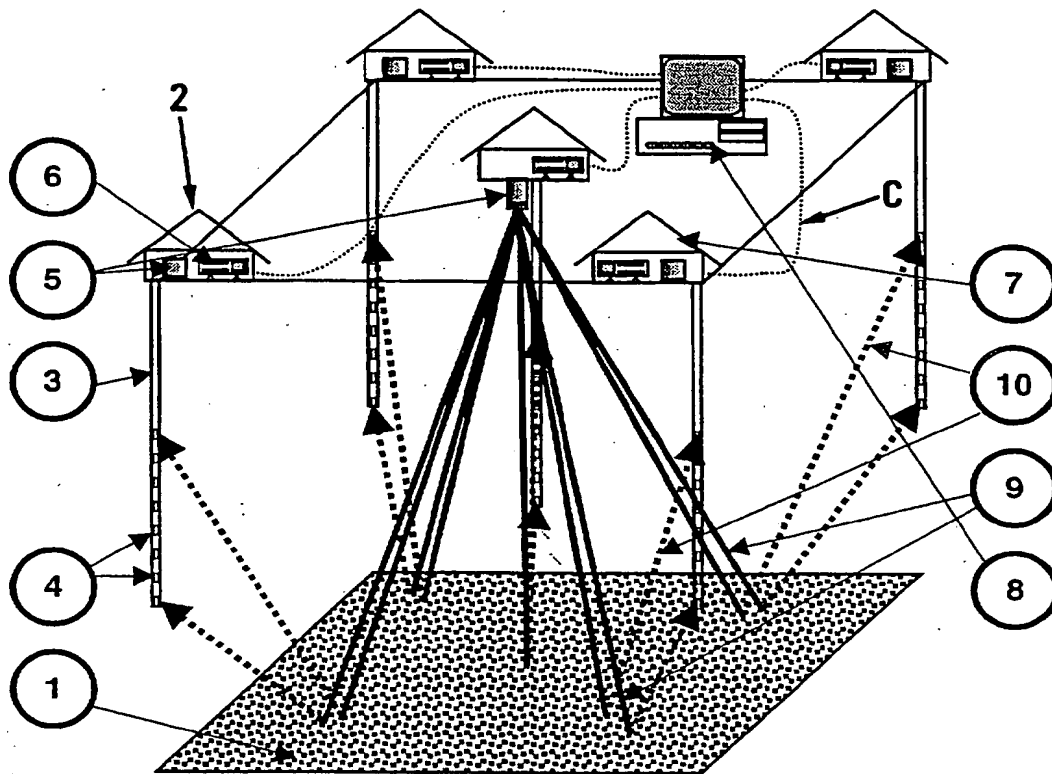
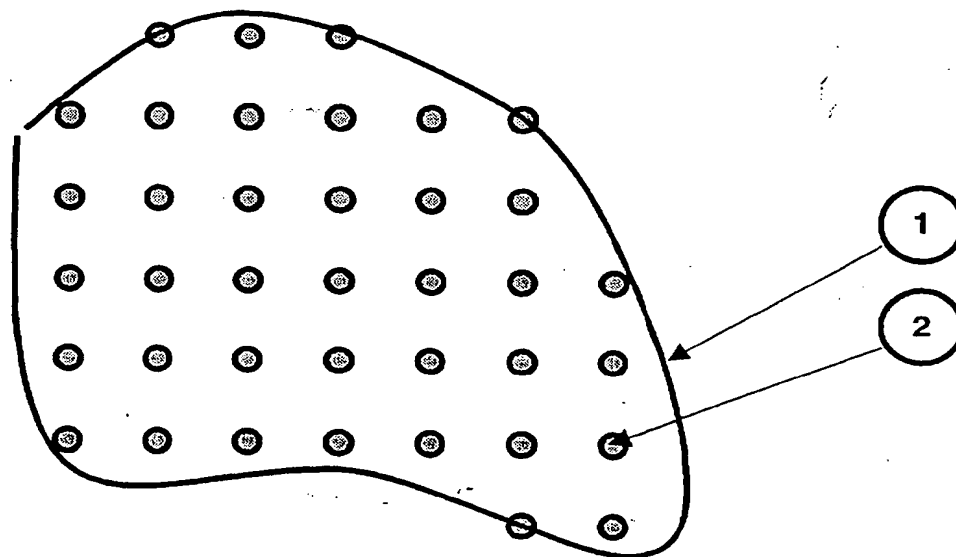


FIG 2



2/3

FIG.3

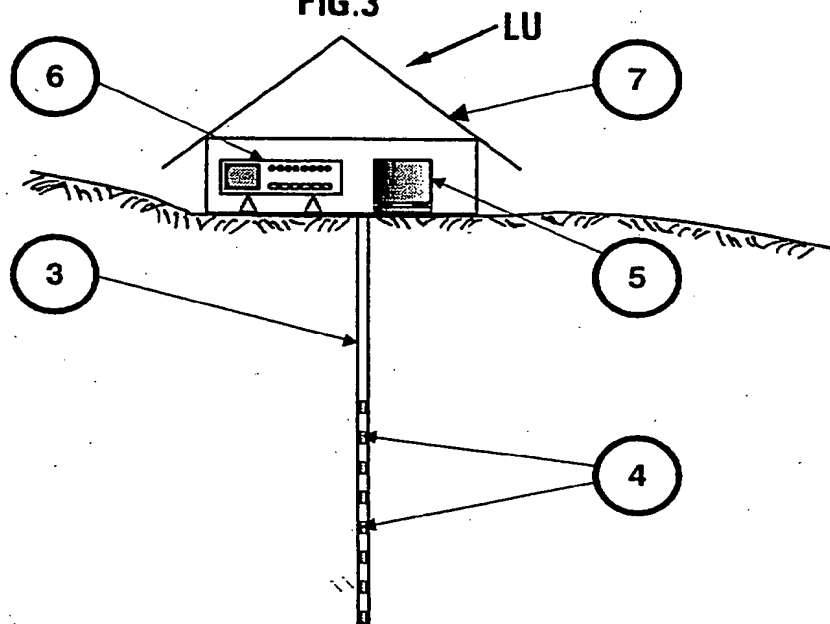
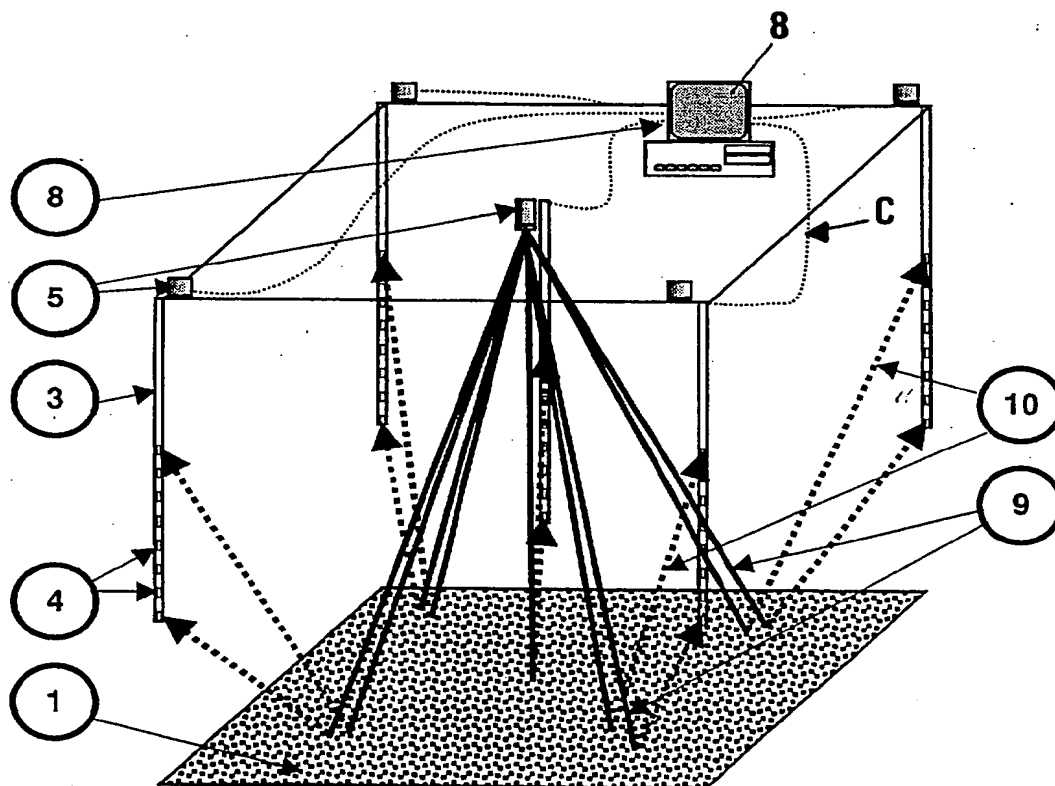


FIG.4



3/3

FIG.5

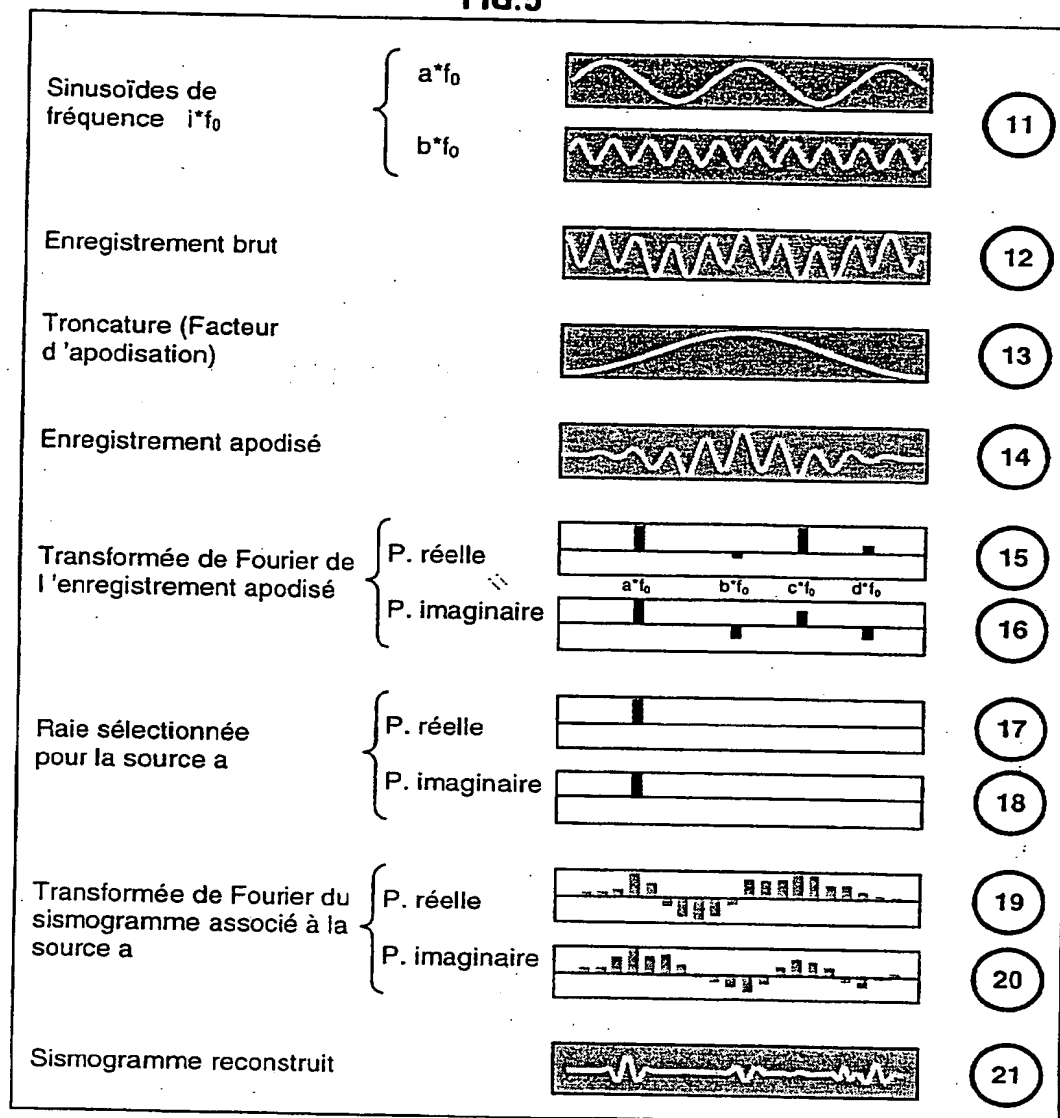
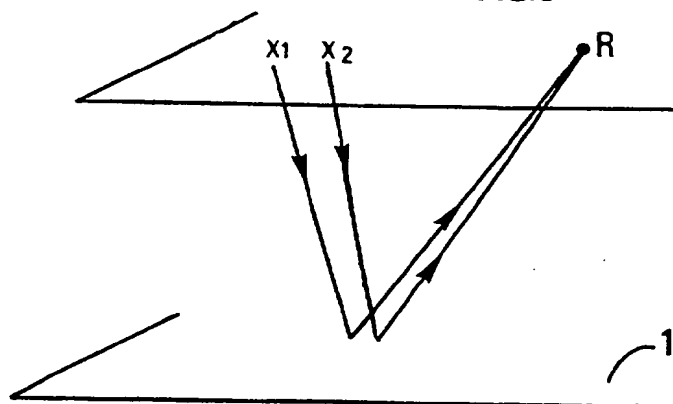


FIG.6





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

2805051

N° d'enregistrement
nationalFA 584882
FR 0001792

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 19 13 875 A (PRAKLA) 8 octobre 1970 (1970-10-08)	1,8,9	G01V1/28 G01V1/00
A	* page 4, ligne 18 - page 6, ligne 24 *	2	
X	EP 0 419 245 A (TEXACO DEVELOPMENT CORP) 27 mars 1991 (1991-03-27)	1,3,9	
	* page 9, ligne 26 - ligne 39; figure 10 *		
A	GB 2 306 219 A (ANSTEY NIGEL ALLISTER) 30 avril 1997 (1997-04-30)	1,2,8,9	
	* abrégé *		
A	US 4 188 611 A (EDWARDS CHARLES M ET AL) 12 février 1980 (1980-02-12)	6,7,10	
	* colonne 9, ligne 59 - colonne 10, ligne 24 *		
	* colonne 21, ligne 12 - ligne 29 *		
A	EP 0 937 997 A (INST FRANCAIS DU PETROL ;GAZ DE FRANCE (FR)) 25 août 1999 (1999-08-25)	10	
	* colonne 6, ligne 4 - ligne 24; figures 4,5 *		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			G01V
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 octobre 2000		Häusser, T	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>			
<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p>			
& : membre de la même famille, document correspondant			